

TECNOLOGIAS DE REPRESENTAÇÃO E GEOMETRIA DESCRITIVA: REFLEXÕES SOBRE UM REPERTÓRIO DOCENTE DIRIGIDO À ARQUITETURA

REPRESENTATION TECHNOLOGIES AND DESCRIPTIVE GEOMETRY: REFLECTIONS ON A REPERTOIRE TEACHING TO ARCHITECTURE

Janice de Freitas Pires¹

Luisa Félix dalla Vecchia²

Adriane Borda Almeida da Silva³

Resumo

Este trabalho registra reflexões sobre uma postura docente, adotada junto ao ensino de geometria descritiva e dirigida à formação em arquitetura. Desde 2010, aliando-se o ensino à pesquisa e à extensão, as atividades didáticas no âmbito de uma disciplina que trata do estudo da representação de superfícies curvas, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal de Pelotas, incluem a exploração de tecnologias avançadas de representação e visualização. Desde um estágio inicial de formação dos estudantes, investe-se na construção de critérios para a aquisição de um amplo repertório tecnológico hoje disponível para a geração e controle da forma, e conseqüentemente, para a prática projetual de arquitetura. São descritos os tipos de atividades e tecnologias envolvidas, demonstrando-se a quais conteúdos e propósitos estão dirigidos. Junto a esta descrição são abordadas as seguintes questões: critérios de seleção dos problemas de representação a serem estudados; a pertinência da tecnologia proposta ao tipo de problema de representação selecionado; exclusividades, redundâncias ou complementaridades das potencialidades, para a geração e controle da forma, identificadas no conjunto das tecnologias empregadas; investimento em tempo e infraestrutura para a apropriação das tecnologias pelo corpo docente e discente; sustentabilidade desta postura didática. Embora as reflexões sejam específicas de um contexto e conteúdos determinados, considera-se que este tipo de registro contribui para subsidiar estudos que busquem compreender práticas docentes dirigidas à arquitetura junto ao campo da geometria descritiva como repertório para a ação projetual.

Palavras-chave: geometria descritiva; ensino de arquitetura; superfícies curvas; tecnologias de representação.

Abstract

This paper registers reflections regarding a teaching attitude adopted for teaching descriptive geometry in architecture. From 2010 the activities of teaching, research and outreach were joined in the context of a course which addresses the study and representation of curved surfaces, including the use of advanced representation and visualization technologies, in the faculty of Architecture and Urbanism, in the Federal University of Pelotas. From early stages of architectural training there is an investment in building criteria for the acquisition of a broad technological repertoire available for

¹ Professora Mestre, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, FAURB - UFPel, janicepires@hotmail.com

² Professora Mestre, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, FAURB - UFPel, luisafelixd@gmail.com

³ Professora Doutora, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, FAURB - UFPel, adribord@hotmail.com

generating and controlling form, and consequently, for the architectural design practice. The activities and technologies are described demonstrating the purpose to which they are directed. With this description the following matters are addressed: criteria for the selection of the representation problems to be studied; the pertinence of the proposed technology to the kind of representation problem selected; exclusiveness, redundancy or complementation of the potentialities for the generation and control of form, identified among the technologies employed; investment in time and infrastructure for the appropriation of the technologies by the faculty and students; sustainability of this didactic attitude. Although the reflections are specific to a context and determined contents, it is considered that this kind of register contributes to subsidize studies which seek to understand teaching practices directed to architecture contexts in the field of descriptive geometry as a repertoire for the design action.

Keywords: descriptive geometry; teaching, architecture; curved surfaces; representation technologies.

1. Introdução

Este trabalho registra reflexões sobre uma postura docente adotada pelas autoras junto a uma disciplina que trata do estudo de superfícies curvas sob a abordagem da geometria descritiva. A disciplina é de caráter obrigatório e se desenvolve junto à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal de Pelotas. Desde 2010, investe-se na exploração de tecnologias avançadas de representação e visualização. Com isto se busca reconhecer potencialidades em tais tecnologias que auxiliem ao desenvolvimento da visualização espacial, competência tradicionalmente atribuída à geometria descritiva e fundamental para a prática projetual de arquitetura.

Piaget situa a construção do conhecimento a partir da ação do sujeito. Define a inteligência deste sujeito como estrutura cognitiva, de natureza operatória, que tende a organizar sua realidade. Nesta concepção “conhecer é modificar, transformar o objeto, e compreender o resultado dessa transformação” (Piaget, 1970, p. 01).

A teoria piagetinana tem apoiado a ação docente de busca de estratégias para aperfeiçoar o processo de ensino/aprendizagem no campo da geometria descritiva, a partir da tentativa de compreender os diferentes estágios da interação entre sujeito-objeto. A disciplina exige o pleno atingimento do estágio operatório, das competências de construção de imagens mentais e de operação neste espaço. Junto à prática docente, são frequentes as experiências que parecem remeter à lógica associada ao estágio figurativo e ao pré-operatório, em que os estudantes se expressam a partir de uma percepção direta da imagem visual. Grande parte demonstra pouca capacidade de anteciper, de representar imagens mentais por meio da construção de um sistema organizado como se apresenta a geometria descritiva. Deve-se considerar a carência no investimento educativo, no Brasil, em relação à vida escolar prévia dos estudantes para a habilidade específica da visualização espacial. Na tentativa de compensar tais problemas, mesmo em momentos iniciais de experimentação das tecnologias digitais junto à área de representação, a exemplo de Rodrigues, 1996, e Barison, 1999, já havia a compreensão de que as tecnologias digitais auxiliariam para o desenvolvimento das habilidades próprias do estágio operatório como preconizadas por Piaget. Sob esta perspectiva, tem-se investido em criar condições para usufruir da infraestrutura

tecnológica hoje disponível para a ação didática junto à disciplina em questão.

Este investimento refere-se especialmente a um processo contínuo de formação das autoras a partir de estudos realizados junto ao GEGRAI, Grupo de Estudos de Ensino/aprendizagem de Gráfica Digital. Tal formação tem sido incrementada por meio da atuação em diferentes momentos, seja como discentes, docentes ou pesquisadoras, nos programas de pós-graduação os quais incluem investigações na área de representação gráfica e digital: Curso de Especialização em Gráfica Digital (com origem em 1999) e Mestrado em Arquitetura e Urbanismo (criado em 2008), atualmente, ambos sob a responsabilidade da FAURB/UFPel.

A partir do detalhamento dos tipos de atividades didáticas que exemplificam a postura adotada, este trabalho objetiva elencar as potencialidades identificadas em cada uma das tecnologias digitais já exploradas. Embora estas potencialidades sejam específicas para um contexto determinado, considera-se que este tipo de registro contribui para, em um conjunto com outros relatos, compreender as questões que estão sendo enfrentadas nas práticas docentes de diferentes instituições educativas no campo da formação em arquitetura.

2. Materiais e Métodos

Analisa-se os tipos de práticas didáticas envolvidas na disciplina particularizada neste trabalho, do período imediatamente anterior à inserção de tecnologias digitais de representação, em 2010, e após a mesma, até o primeiro semestre de 2015, inclusive.

Faz-se necessário esclarecer que em 2011, em decorrência de uma reforma curricular do Curso de Arquitetura e Urbanismo/UFPel, a disciplina em questão, que era nomeada como Geometria Descritiva IV (GD IV), passou a ser Geometria Gráfica e Digital 3 (GGD3). A GD IV tratava da representação da classe de superfícies curvas, sendo a última de uma sequência para a formação em Licenciatura em Desenho. Para o curso de Arquitetura e Urbanismo eram oferecidas apenas as duas últimas, sendo que a GD III se ocupava dos procedimentos gráfico-projetivos dirigidos somente às representações de superfícies poliédricas. Atualmente, a GGD3 integra uma sequência de quatro disciplinas de geometria gráfica aplicada à arquitetura. A disciplina de GGD 1 foi criada para resgatar os conteúdos de Geometria Plana. A GGD 2 está dedicada ao estudo de superfícies poliédricas e é ministrada paralelamente à GGD 1, situadas no primeiro semestre de curso. A GGD 3, mantida no segundo semestre, é ministrada paralelamente à GGD4, que aborda os conteúdos de perspectiva e sombras. Com esta estrutura, o currículo atual, propõe que, no primeiro ano de formação, os estudantes construam um repertório em geometria plana e espacial, conceitual e procedimental.

Considera-se importante destacar também que todas as autoras advêm deste contexto formativo em arquitetura da UFPel e que já desde a primeira experiência como discente não se faziam presentes os conteúdos de geometria plana, considerados conhecimentos prévios à graduação. E, frente a tal experiência, como docentes, contribuíram diretamente para a reforma curricular de resgate de tais conteúdos.

A descrição das práticas didáticas, por envolver diferentes momentos em que as autoras participaram como discentes ou docentes, registra percepções pessoais, e esteve focada em: destacar os critérios de seleção dos problemas de representação tratados; observar a pertinência da tecnologia proposta ao tipo de problema de

representação selecionado; identificar exclusividades, redundâncias ou complementaridades das potencialidades, para a geração e controle da forma, no conjunto das tecnologias empregadas; compreender o investimento em tempo e infraestrutura para a apropriação das tecnologias pelo corpo docente e discente. E, por fim, refletir sobre a sustentabilidade da postura didática de aliar o estudo de superfícies curvas sob a abordagem de geometria descritiva à exploração das tecnologias de representação.

A disciplina GD IV possuía uma carga horária de cinco horas semanais, desenvolvidas em um único período. Com a reforma curricular, para esta disciplina, atualmente denominada GGD 3, foi destinada uma carga horária de 4 horas semanais também em um único período. De caráter prático, é oferecida a cada semestre e atualmente cumpre a regra de no máximo 17 alunos por professor. O ingresso ao curso é bianual de 34 estudantes. Desta maneira, a cada semestre são oferecidas duas turmas, atuando dois professores no mesmo horário e espaço de sala de aula. Junto ao ambiente virtual de aprendizagem as duas turmas ficam integradas compartilhando os processos de aprendizagem em um mesmo espaço, geralmente em fóruns de discussão criados para cada atividade, em que se desenvolvem também momentos de orientação.

Os materiais utilizados para o relato das práticas didáticas são àqueles registrados em recursos didáticos em formato digital, os quais se encontram acessíveis aos estudantes no ambiente virtual de aprendizagem institucional, da UFPel. São utilizados também relatos já publicados pelo corpo docente da disciplina e da complementação de informações sobre o desenvolvimento destas práticas docentes pelas duas primeiras autoras deste trabalho. Ou uma ou outra, durante todo o período de inserção do uso das tecnologias digitais, esteve compondo o corpo docente da disciplina envolvida.

3. Tipos de Atividades Didáticas e Tecnologias Envolvidas

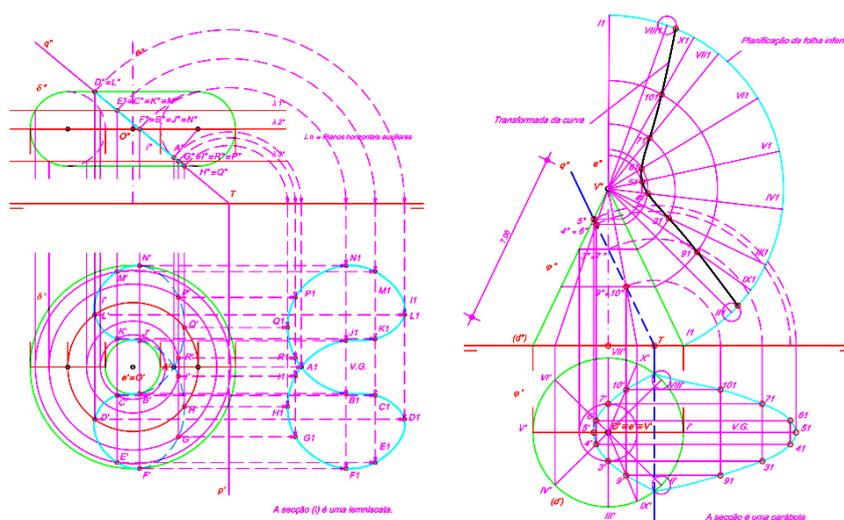
3.1. As Atividades Didáticas e Tecnologias Envolvidas Anteriores à Experiência Docente Relatada

Os conteúdos das disciplinas de Geometria Descritiva, situadas em um Departamento que atendia diversos cursos, cujos professores tinham formação de origem em Arquitetura, Artes ou Engenharias, não priorizavam a aplicação direcionada ao contexto de cada curso. Os tipos de atividades exigiam acelerar a capacidade de abstração, intrínseca aos saberes tratados. As trajetórias dos estudantes eram diferenciadas e a maior parte sem nenhum estímulo prévio ao desenvolvimento de tais habilidades. O ensino de desenho, a partir da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) de 1971, lei nº5.692, conforme já constatada por Kopke, 1996, passou a ser tratado no âmbito da disciplina de Educação Artística e assim perdeu importância. Como consequência os traçados sobre épuras pouco eram compreendidos pelos estudantes, assim como não visualizavam a utilidade do conteúdo tratado para a prática profissional de arquitetura.

Os problemas propostos por meio de atividades desenvolvidas em sala de aula, na maior parte das vezes, eram idênticos e adotavam um mesmo objeto de estudo para todos os estudantes. Tratavam de dar conta de toda a ementa da disciplina de maneira sequencial. A partir de um caderno de exercícios (KREMER, 2008) foram registradas as atividades tradicionalmente tratadas no âmbito da disciplina. Até 2010, eram propostas

para serem desenvolvidas exclusivamente por meio do emprego de técnicas manuais de representação. Os exercícios são apresentados por enunciados clássicos de geometria descritiva, apoiados em Rodrigues, 1960, e que propõem a resolução, em *épura*, como exemplificado pela Figura 1. Embora as representações, junto a este caderno de exercícios, tenham sido produzidas por meios digitais, elas advêm da reprodução de procedimentos utilizados por meios tradicionais: traçados das projeções, sem demonstrar o potencial do uso de modelos digitais tridimensionais e das técnicas que automatizam o processo projetivo. A resolução de cada problema é apresentada em uma única imagem, sem conter um discurso que explique a lógica construtiva da solução, devendo-se considerar que tal imagem tinha a proposta de apoiar exercícios exemplificados em aulas presenciais. Em grande parte dos exercícios as representações não fazem associação direta ao objeto de arquitetura.

Figura 1: Exemplo do Tipo de Exercício Tradicionalmente Aplicado Em GDIV E GGD3: À Esquerda Seção Por Plano de Topo Em Uma Superfície Tórica de Circunvolução; À Direita, Obtenção da Transformada da Curva Parábola, Resultante da Seção Por Plano de Topo Em Superfície Cônica de Revolução.



Fonte: Kremer (2008).

A obtenção de projeções a partir de métodos construtivos de imagens bidimensionais é totalmente dependente da compreensão da linguagem de comunicação estabelecida pela geometria descritiva. A representação em *épura* é suficientemente potente e independente, porém o limite está no tipo de interação do sujeito com tal conhecimento. Construir imagens mentais que interacionem com o sistema de representação referido exige um desenvolvimento prévio das habilidades de visualização espacial e reconhecimento das propriedades geométricas de cada tipo de superfície para antecipar as operações sobre o objeto concreto, a partir da representação.

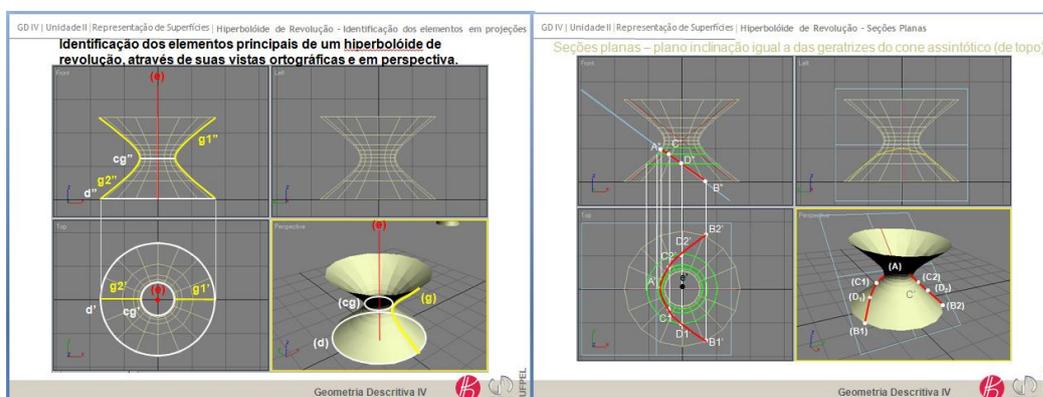
Diante desta problemática, o investimento de tempo para a execução dos traçados manuais, logicamente, exigia a estratégia didática de eleição de poucos problemas a serem estudados para dar conta de promover o aprendizado efetivo dos estudantes e conseguir abranger um repertório mínimo de representação de superfícies

curvas.

3.2. A Exploração das Técnicas de Realidade Virtual (Modelagem Geométrica e Visual)

Os momentos iniciais de inserção das técnicas de realidade virtual na disciplina foram a partir de atividades que transpõem a exposição realizada nas práticas anteriores, porém demonstram a operação sobre o objeto digital tridimensional e a obtenção automatizada das projeções. Utilizaram-se materiais (Figura 2) acompanhados de um discurso didático para cada procedimento, reproduzindo sequencialmente a lógica do traçado, sobreposto às projeções.

Figura 2: Material didático que trata da identificação dos elementos principais de uma superfície de revolução e suas seções planas, disciplina de Geometria IV/FAUrb/UFPeL.



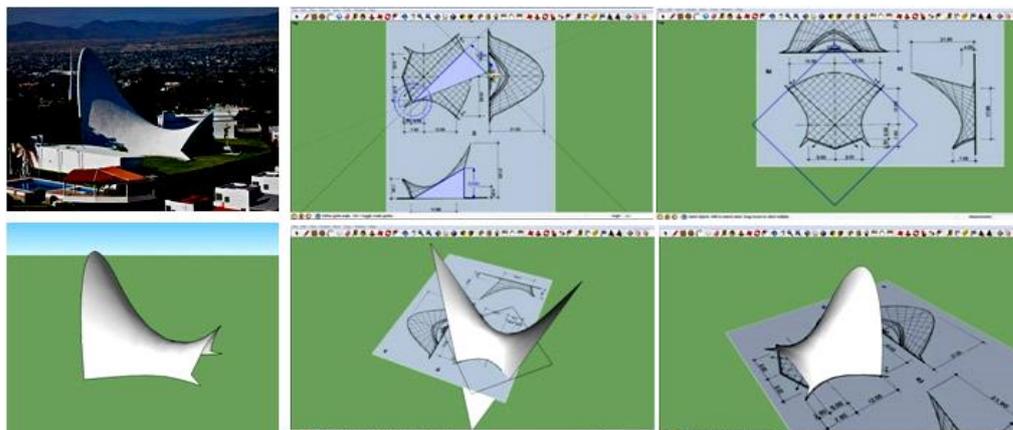
Fonte: Pires et al (2011)

Intensificou-se o incentivo ao uso do desenho conceitual, a mão livre, para a esquematização em é pura, paralelamente ao processo de construção e visualização da superfície no espaço digital. Junto a isto, é enfatizada a potencialidade dos meios digitais para obter precisão, agilidade de transformação e mudança de pontos de visualização. A apropriação da tecnologia empregada, no caso o uso do software 3D Max, é promovida paralelamente ao processo de exploração das superfícies estudadas, de maneira tutorada. A adoção do 3D Max se justifica junto a experiência aqui relatada por possuir um amplo repertório de primitivas de modelagem e de transformações geométricas, que podem ser manipulados diretamente por alteração de seus parâmetros na interface do programa. Esta atividade é essencial para habilitar os estudantes para a geração e transformação da forma.

Por decorrência do investimento contínuo no desenvolvimento de projetos de pesquisa e extensão no âmbito do GEGRADI, foi sempre possível contar com a produção de bolsistas de iniciação científica, de extensão e ensino, assim como com a produção de trabalhos de estudantes do Curso de Especialização em Gráfica Digital e do Mestrado. Com isto, teve-se o apoio para a estruturação de atividades didáticas aplicadas especificamente para a formação profissional de arquitetura. Convém destacar que o primeiro estudo na área de representação gráfica digital dirigida a formação em arquitetura, junto ao programa de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo da UFPeL, foi desenvolvido pela primeira autora deste trabalho no período 2008-10 (PIRES, 2010), a qual atuou como docente desde o início da proposta aqui relatada e até o ano de 2014.

Em Nunes et al, 2010, descrevem-se atividades que passaram a ser dirigidas ao estudo e à representação por meios digitais de obras exemplares de arquitetura, como uma estratégia para auxiliar na aquisição de um vocabulário e repertório geométrico para a prática projetual, desde um primeiro momento de curso. A Figura 3 ilustra o estudo, que tratou da modelagem de uma obra de Félix Candela, configurada por um parabolóide hiperbólico, a partir do ScketchUp, ferramenta digital já veiculada no contexto de formação da FAURB. Materiais didáticos foram estruturados para sistematizar os processos de modelagem geométrica de obras de arquitetura no âmbito de um projeto de pesquisa, o PROBARQ (Produção e Compartilhamento de Materiais Didáticos dirigidos ao Projeto de Arquitetura). Os próprios bolsistas atuaram em sala de aula, promovendo a apropriação das técnicas digitais utilizadas tanto junto aos estudantes como junto aos professores.

Figura 3: À Esquerda, a Fotografia e o Modelo Digital da Obra Capela Lomas de Cuernavaca, de Félix Candela; ao Centro e à Direita, Etapas de Modelagem da Obra.



Fonte: Nunes et al, 2010. Imagem: <http://mcis2.princeton.edu/candela/cuernavaca.html#>

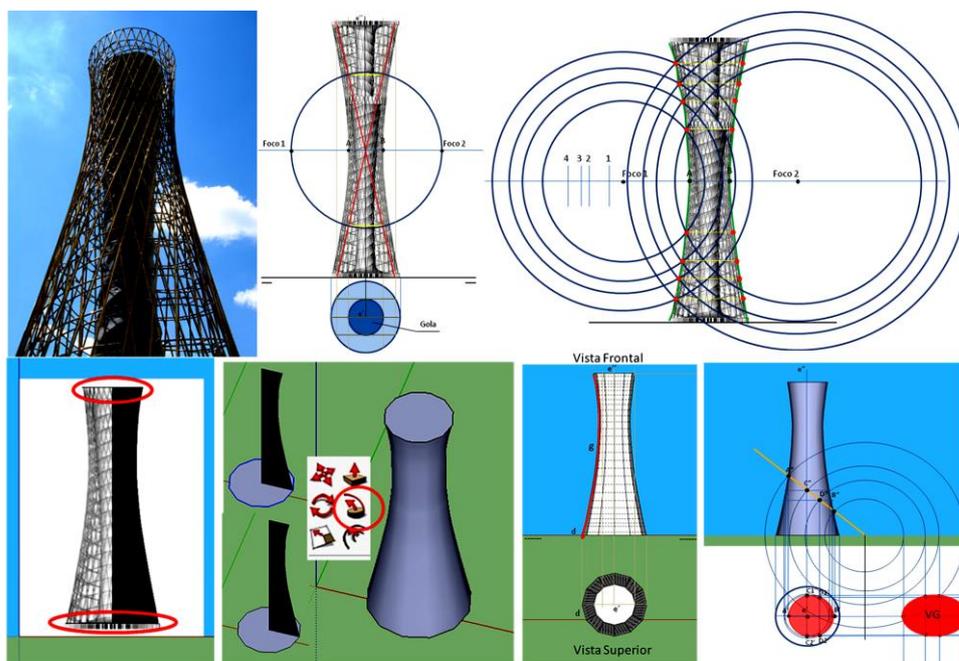
Este tipo de aplicação inicialmente esteve apoiado em Valderrama (1999), que já investia em trazer um repertório tecnológico associado diretamente à arquitetura, a partir de tutoriais voltados à apropriação de ferramentas específicas (tais como AUTOCAD, 3DMAX, COREL DRAW, etc.). E, logo, esteve apoiada em Potmann et al (2007), cuja sistematização facilitou o desenho das atividades didáticas, tendo em vista a exemplificação exhaustiva de cada um dos conceitos geométricos associados aos modelos informáticos para a geração e controle da forma no espaço digital, a partir da análise de soluções arquitetônicas.

As atividades partem da investigação sobre a geometria implícita em obras de arquitetura. As atividades referidas anteriormente, de representação de formas genéricas, passam a ter o papel não apenas de treinamento da técnica e não mais como atividade fim, para então serem desenvolvidas a partir de problemas de representação das obras estudadas por meios tradicionais e digitais de representação.

Desta maneira, passou-se a promover, por meio desta atitude investigativa, uma ação operativa, com a qual os estudantes manipulam parâmetros para representar especificamente a configuração geométrica empregada na obra de arquitetura que está sendo estudada.

A Figura 4 ilustra as etapas sequenciais propostas para o estudo de superfícies curvas, abrangendo: Identificação da estrutura geométrica da superfície que configura a obra de arquitetura analisada e lançamento de hipóteses de geração desta superfície (por meio digital ou manual); Representação gráfica digital da superfície e definição dos parâmetros de configuração da estrutura geométrica associada a obra de arquitetura analisada; Representação em projeção paralela ortogonal da estrutura geométrica da obra e Identificação de seus elementos principais em projeção; (por meio digital e/ou manual); Representação gráfica digital de seções na superfície, produzidas pelos seis tipos de planos de seção (horizontal; vertical; de topo; de perfil; genérico; de rampa); - por meio digital; Representação gráfica em projeção paralela ortogonal das curvas de seção geradas nas superfícies, pelos planos de seção considerados; (por meio digital); Obtenção das verdadeiras grandezas das curvas de seção, por processos de rebatimento sobre os planos de projeção - por meio digital.

Figura 4: Trabalho que Ilustra as Etapas Propostas nas Atividades da Disciplina de Geometria Gráfica e Digital 3/FAURB/UFPel, no Primeiro Semestre de 2014.



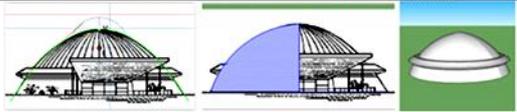
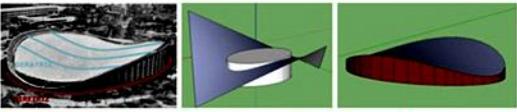
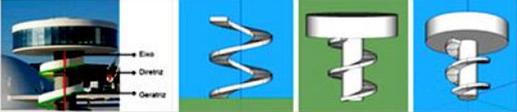
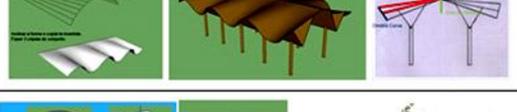
Fonte: disciplina de GGD3, FAURB, UFPel

O desenho didático das atividades, logicamente esteve sempre condicionado à estrutura física disponível para o uso do laboratório de informática e à própria formação docente em tecnologias de representação gráfica digital. Em termos de infraestrutura física, até o momento não se tem disponível um ambiente adequado para o desempenho conjunto de uso de tecnologias tradicionais e digitais. O uso do ambiente virtual de aprendizagem tem possibilitado ampliar o espaço de sala de aula, especialmente pelo tipo de material didático disponibilizado que se propõe a conter o discurso didático e motivar o aprendizado autônomo.

A Figura 5 ilustra os tipos de resultados obtidos, que se referem à produção dos estudantes. Esta compreende a aquisição de um amplo repertório geométrico utilizado

no âmbito da produção de arquitetura, de um repertório tecnológico, de reconhecimento de técnicas de representação em realidade virtual e, especialmente, a demonstração, por meio desta produção, do desenvolvimento das habilidades de operar a partir da representação.

Figura 5: Exemplos de Trabalhos Desenvolvidos de 2010 A 2012, para a Representação da Estrutura Geométrica de Obras de Arquitetura.

Obra	Imagem da obra	Análise, representação gráfica digital e manual
Planetário do Ibirapuera, São Paulo, 1957.		
Pavilhão de São Cristóvão / Centro de Tradições Nordestinas Luiz Gonzaga, 1956.		
Centro Cultural Internacional Avilés, Espanha, 2011.		
Hotel Waikikian, Hawaii, 1956.		
Stairscraper, Abu Dhabi, Emirados Árabes, 2010.		
Centro Cultural Max Feffer Pardinho-SP, 2008.		
Soccer City, Johannesburgo, 1987.		
Paróquia de San Pedro Apostol Tlalpan, Cidade do México, 1965.		

Fonte: Disciplina de Geometria Descritiva IV, de 2010 a 2011 e Geometria Gráfica e Digital 3 (2012).

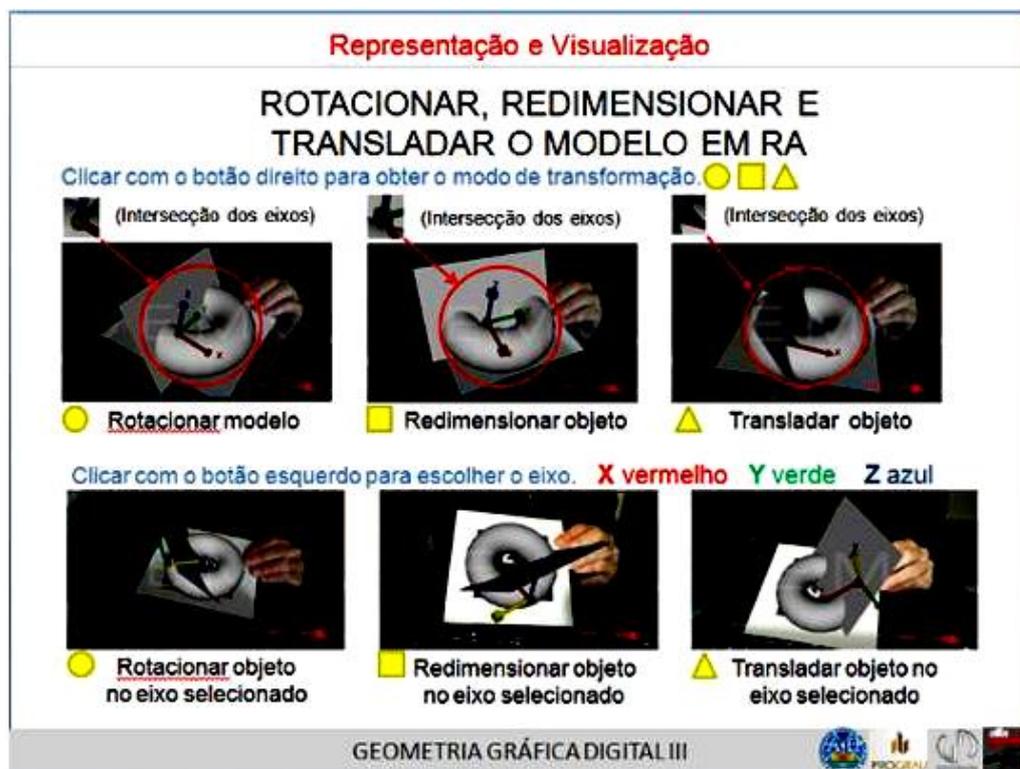
3.3. A Exploração das Técnicas de Realidade Aumentada

A exploração das técnicas de Realidade Aumentada (RA), junto ao GEGRADI, decorreu do desenvolvimento do Projeto ALFA GAVIOTA (Grupo Acadêmico de Visualização Orientado às Tecnologias Avançadas), o qual teve como um dos objetivos experimentar o uso destas técnicas para a qualificação de processos de ensino/aprendizagem. No âmbito da disciplina, os estudos foram desenvolvidos no primeiro semestre de 2012, a partir da colaboração de bolsistas de mestrado e de iniciação científica, vinculados ao projeto, que promoveram o processo de formação dos docentes envolvidos na experimentação.

A RA foi utilizada com o propósito de facilitar a compreensão sobre a obtenção

de seções planas em superfícies complexas, tais como o toro de circunvolução e as superfícies retilíneas não desenvolvíveis. Junto a primeira, como é o caso registrado nas imagens da Figura 6 (recortes do material didático), o estudante pode investigar os tipos possíveis de seções, a partir do movimento direto de sua mão sobre o plano de seção virtual. A visualização em RA, como etapa prévia à representação das projeções ortográficas da seção, neste caso, permitiu a ação consciente e não tutorada do estudante, como frequentemente era vivenciado nas situações didáticas.

Figura 6: Material Didático Desenvolvido para Apoiar Atividades de Visualização de Seções em Superfícies Curvas Através da RA.



Fonte: Sopeña et al (2012).

O principal problema tecnológico enfrentado quanto ao uso desta técnica foi o de incompatibilização das câmeras de vídeo com as placas gráficas disponíveis nos computadores do laboratório de informática. Tal situação inviabilizou a continuidade de inclusão sistemática desta prática nas atividades da disciplina. Entretanto, por ter proporcionado uma visualização mais dinâmica das seções em relação ao uso da técnica de realidade virtual, há de se incorporar como prática usual na disciplina. Diferentemente a realidade virtual, com a RA, o controle do ponto de vista da superfície é possível somente com o movimento da mão sobre um cartão que codifica a interação entre o meio físico e o modelo digital. A Figura 7 ilustra momentos de apropriação pelos estudantes de tais técnicas durante as atividades propostas para a representação de cilindroides e conoides, permitindo centrar na ação investigativa.

Figura 7: Reconhecimento pelos Estudantes da Técnica de RA Durante Atividades de Estudo de Superfícies Retilíneas não Desenvolvíveis.



Fonte: Atividades desenvolvidas no segundo semestre de 2012, na disciplina de GGD 3, FAURB, UFPel.

Frente a uma avaliação da atividade, registrada junto aos estudantes, embora os problemas tecnológicos enfrentados há de se considerar que a experiência com a RA foi positiva, por permitir a visualização direta das operações sobre o objeto, a partir das imagens virtuais tridimensionais, facilitando a investigação sobre os tipos de seções possíveis. Os estudantes consideraram especialmente a potencialidade da técnica para um maior contato entre o projetista e objeto representado.

Entretanto, parece reforçar o aspecto figurativo: é uma técnica de visualização. Pouco exige da capacidade de abstração em comparação aos exercícios de visualização a partir das projeções ortogonais. Considera-se sua utilidade para a compreensão do problema a ser estudado, sem contudo contemplar a sua solução em termos especialmente de precisão técnica.

3.4. A Exploração das Técnicas de Desenho Paramétrico

Diversas ações didáticas (BRAVIANO, ULBRICHT e VIEIRA, 1996; RODRIGUES, 2005; RODRIGUES e RODRIGUES, 2013), registradas especialmente junto aos fóruns promovidos pela Associação Brasileira de Expressão Gráfica (ABEG), há mais de uma década, demonstram as potencialidades das ferramentas dirigidas ao campo da geometrografia dinâmica para o desenvolvimento das competências necessárias para a resolução de problemas a partir da representação da forma.

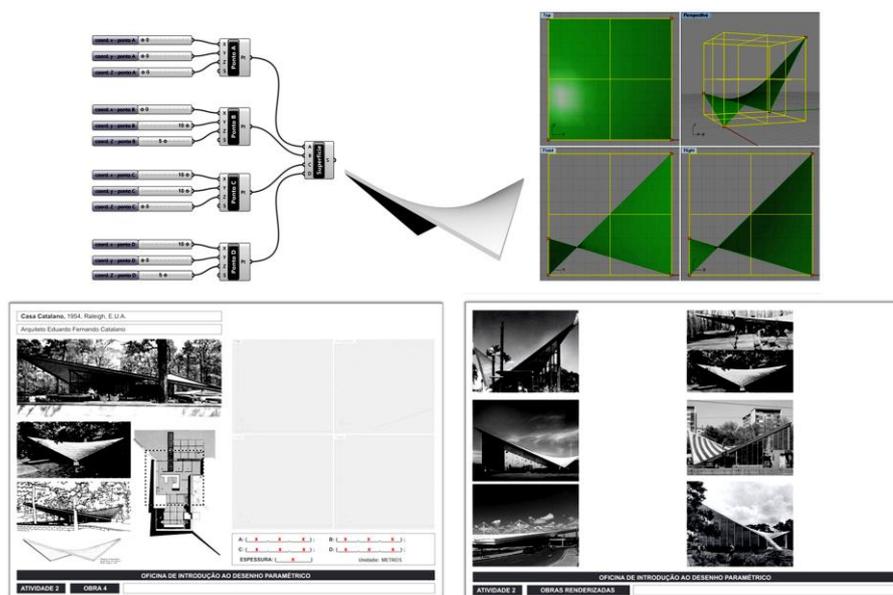
O uso de tais ferramentas no contexto em questão foi explorado no âmbito do Curso de Especialização em Gráfica Digital. Entretanto, não havia um espaço junto à graduação em Arquitetura. Conforme mencionado anteriormente, o resgate do ensino da geometria plana, apropriada para introduzir o uso de tais recursos, é recente, a partir da criação da disciplina GGD 1. No contexto da graduação tinha-se o receio de introduzir mais uma ferramenta digital, tendo-se em conta sempre o tempo destinado à ambientação com cada interface e, especialmente, frente à perspectiva de continuidade de uso ao longo da atividade profissional.

Recentemente também tem-se a disponibilização de ferramentas que integram os recursos para a geometrografia dinâmica aos ambientes já estabelecidos em práticas profissionais de arquitetura, como são as apropriadas para o que se tem nomeado como desenho paramétrico (KOLAREVICH, 2003). Desta maneira, o investimento formativo se integra a um conjunto de justificativas associadas a outras disciplinas. A primeira iniciativa de abordagem do desenho paramétrico, ocorrida na disciplina de GGD 3, foi no primeiro semestre de 2012. A estruturação, aplicação e avaliação das atividades fez parte de um estudo em nível de mestrado (BROD, 2014). O estudo promoveu a capacitação do GEGRADI, desencadeando trabalhos de iniciação científica, de

especialização e estabelecendo práticas didáticas junto às disciplinas do curso de especialização e mestrado. Contou-se, junto a este processo formativo, com a colaboração de pesquisadores do LAPAC/UNICAMP, particularmente dos Professores Gabriela Celani e Carlos Vaz.

A experimentação, registrada em Brod et al, 2012, buscou exercitar o uso de tais técnicas para gerar estruturas geométricas arquitetônicas baseadas em paraboloides hiperbólicos, configurados por diferentes relações dimensionais e por seções em sua superfície. Inicialmente, no primeiro semestre de 2012, o exercício partiu do estudo da obra do Velódromo de Londres, cuja cobertura se configura por uma porção de um parabolóide hiperbólico, propondo também aos estudantes a tentativa de reproduzir a estrutura geométrica de seis obras de arquitetura, todas envolvendo paraboloides hiperbólicos, porém não seccionados (Figura 8). A experiência didática foi realizada uma segunda vez, no segundo semestre de 2012, já abarcando a tentativa de reprodução de obras configuradas por paraboloides hiperbólicos seccionados.

Figura 8: Atividade Proposta para a Geração de Paraboloides Hiperbólicos que Conformam Obras de Arquitetura, a Partir de Técnicas Paramétricas de Modelagem.



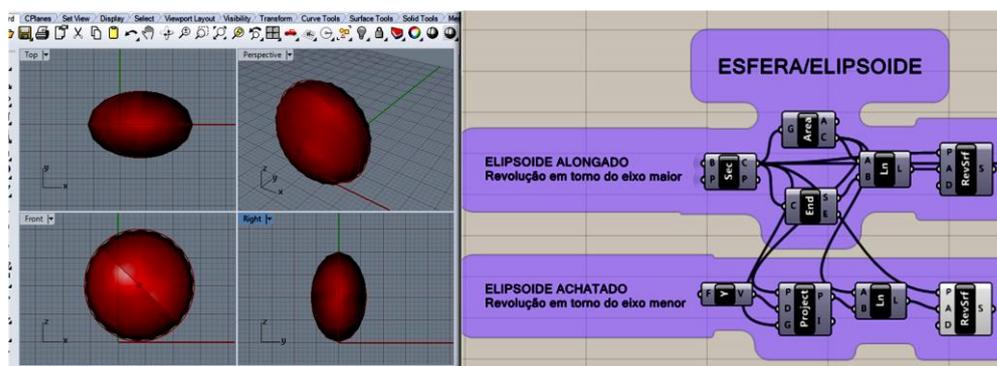
Fonte: Brod et al (2012).

Frente à infraestrutura pedagógica construída a partir destas experiências iniciais, no segundo semestre de 2014 foi possível inserir sistematicamente a modelagem paramétrica na disciplina de GGD3, abarcando a representação de toda a classe de superfícies curvas tratadas no âmbito da disciplina. A Figura 9 ilustra o tipo de material didático construído como apoio a estas atividades.

Em termos tecnológicos, em ambas as experiências, contou-se com 15 computadores do laboratório de informática da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, nos quais foi instalada uma versão de avaliação do software Rhino 4.0 (em 2012) e 5.0 (em 2014), e uma versão gratuita do plug-in Grasshopper. Os trabalhos de representação gráfica digital, em sala de aula, comuns a todos os estudantes, são

desenvolvidos em dupla. As atividades por meios manuais são desenvolvidas individualmente assim como as representações de obras de arquitetura selecionadas pelos estudantes, tendo-se o interesse em desenvolver uma postura investigativa. Dependendo da especificidade da atividade e por haver a concomitância de dois professores em sala de aula, as turmas são divididas. Frente ao propósito de demonstrar o trânsito entre tecnologias, de evidenciar as exclusividades, complementaridades ou redundâncias, sempre existem atividades em paralelo, a mão livre, utilizando-se do instrumental de desenho e por tecnologias digitais.

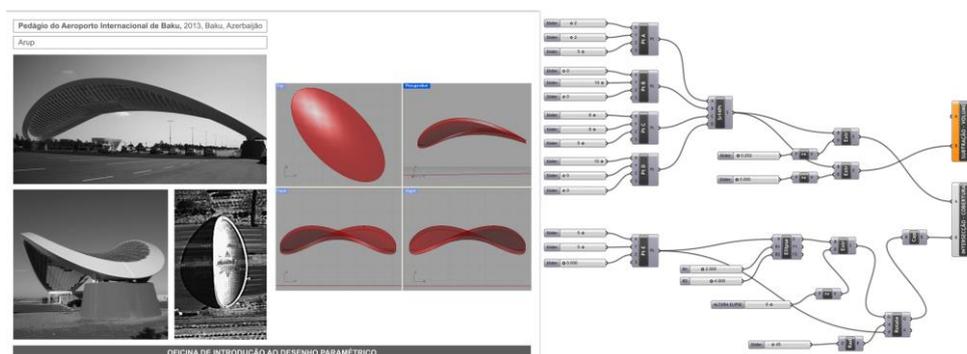
Figura 9: Material Didático de Apoio à Modelagem Paramétrica de Elipsóides de Revolução.



Fonte: Elaborado pelos Autores (2014).

As Figuras 10 e 11 ilustram os trabalhos de modelagem paramétrica desenvolvidos pelos estudantes nas experiências de inserção desta tecnologia nas atividades de GGD 3. A Figura 10 refere-se à representação de uma cobertura de uma das seis obras a serem investigadas pelos estudantes, no segundo semestre de 2012. A Figura 11 traz um exemplo de modelagem paramétrica de um cilindroide desenvolvida por estudante no segundo semestre do ano de 2014.

Figura 10: Modelagem Paramétrica da Superfície que Conformava uma das Seis Obras a Serem Analisadas pelos Estudantes, Desenvolvida no Segundo Semestre de 2012.

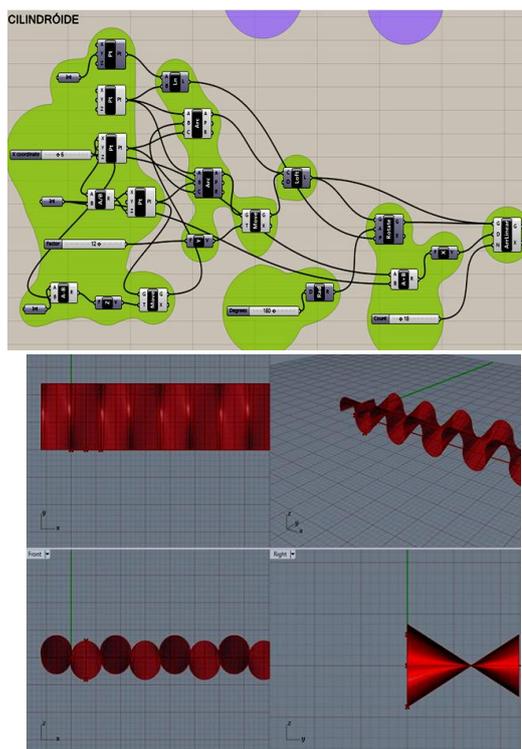


Fonte: Brod et al (2012)

Embora as atividades tenham sido desenvolvidas apoiadas em um roteiro de modelagem, incentivou-se à proposição de soluções alternativas para as modelagens. Os

materiais estruturados no primeiro momento de experimentação seguem sendo utilizados e incrementados a cada edição da disciplina. Deve-se destacar que o GEGRADI desenvolve atualmente o Projeto ACORDA (Análise e Construção de Referenciais Didáticos para Arquitetura: uma abordagem para o Desenho paramétrico e para a prototipagem rápida) e com isto segue-se contando com bolsistas de iniciação científica que auxiliam ao desenvolvimento dos materiais didáticos para a disciplina.

Figura 11: Modelagem Paramétrica de um Cilindroide, Desenvolvida pelos Estudantes na Disciplina de GGD3/FAURB/UFPeI, Segundo Semestre de 2014.



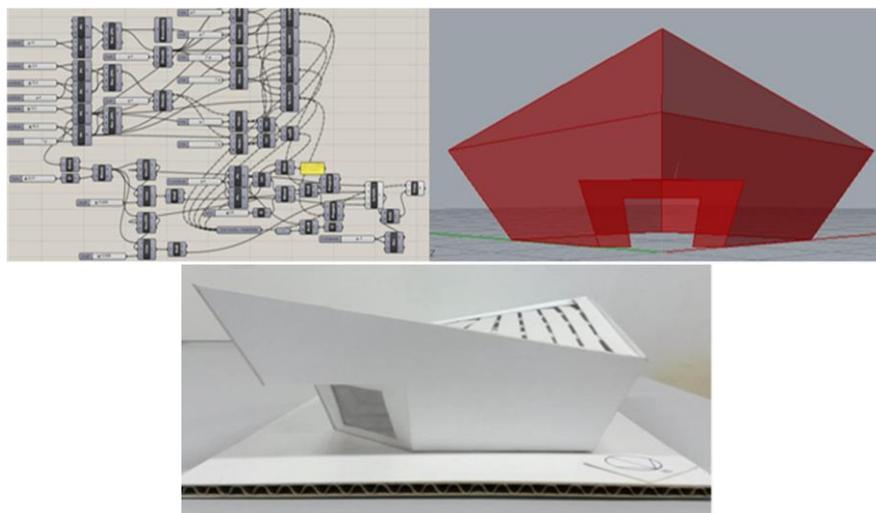
Fonte: Desenvolvido por estudantes de Geometria Gráfica e Digital 3, FAURB, UFPel (2014).

A abordagem do desenho paramétrico tem demonstrado, de maneira mais explícita, a importância sobre a compreensão das propriedades das superfícies estudadas e das relações estabelecidas entre os elementos que as definem. A estruturação dos esquemas (programação visual) exige a antecipação, por meio de imagens mentais, da representação da forma e dos resultados das operações sobre elas. Além de não necessitar agir diretamente sobre o figurativo, pois inclusive pode partir da ausência efetiva deste tipo de representação, exige a conexão com o modelo algébrico-matemático, mesmo que de maneira conceitual, através da programação visual. Trata, sob este aspecto, da construção de um conhecimento que transcende as práticas didáticas tradicionais de representação em sua essência, especialmente por conectar de maneira explícita a linguagem gráfica com a algébrica.

O uso de técnicas de desenho paramétrico junto às atividades didáticas de uma disciplina de primeiro ano tem motivado estudantes e até mesmo levado à experimentação imediata no âmbito de disciplinas de projeto, como pode ser exemplificado pelo exercício ilustrado na Figura 12. Refere-se à solução formal dada por

uma estudante, no segundo semestre de 2014, para uma capela proposta junto à disciplina de Projeto 1, que se desenvolve no mesmo semestre da disciplina de GGD3.

Figura 12: Proposta Projetual de uma Capela Desenvolvida por uma Estudante na Disciplina de Projeto 1, FAURB, UFPel, com o Uso de Técnicas Paramétricas de Modelagem.



Fonte: Brum et al (2015)

3.5. A Exploração das Técnicas Digitais de Planificação para a Construção Manual de Modelos Físicos em Papel

Até o ano de 2011, técnicas de planificação de superfícies curvas eram empregadas na disciplina exclusivamente por meio manual, abrangendo as superfícies desenvolvíveis, como o cone e cilindro, e também de superfícies não desenvolvíveis, como as circulares de revolução, por planificação aproximada (RODRIGUES, 1960).

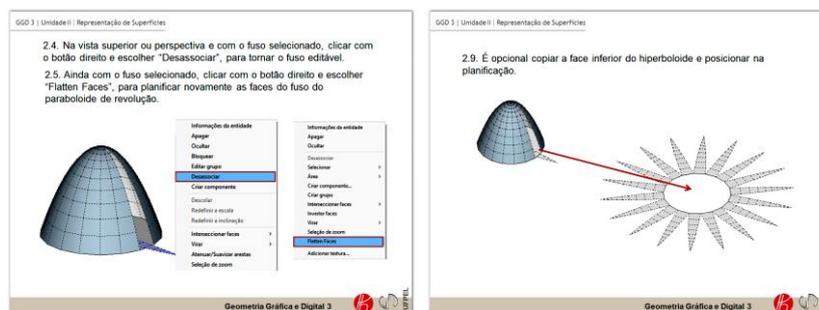
Em 2012, o emprego destas mesmas técnicas foi associado à representação de obras de arquitetura, porém ainda tratando-se fundamentalmente de planificações de superfícies cônicas e cilíndricas seccionadas. Em função do tempo necessário para as representações, o avanço para a aplicação em formas mais complexas foi possível a partir da adoção da tecnologia digital, no primeiro semestre do ano de 2013. Manteve-se a mesma tecnologia anteriormente utilizada para a geração dos modelos digitais, o software SketchUp, e inseriu-se uma ferramenta para a obtenção automatizada de planificações de superfícies, o plugin Unfoldtool (<http://sketchuptips.blogspot.com.br/2007/08/plugin-unfoldrb.html>), a qual permitiu representar demais superfícies que abrangem a classificação das superfícies curvas

A Figura 13 ilustra um dos materiais didáticos estruturados para apoiar o desenvolvimento das planificações e construção dos modelos em papel de tais superfícies.

Conforme relatado em Pires et al, 2014, o método foi aperfeiçoado de um semestre para outro, tendo em vista a identificação e categorização de tipos de problemas detectados ao longo do desenvolvimento das atividades. Estes envolveram o ajuste de parâmetros de modelagem das curvas diretriz e geratriz das superfícies e a identificação de estratégias de uso de elementos estruturais para garantir a obtenção

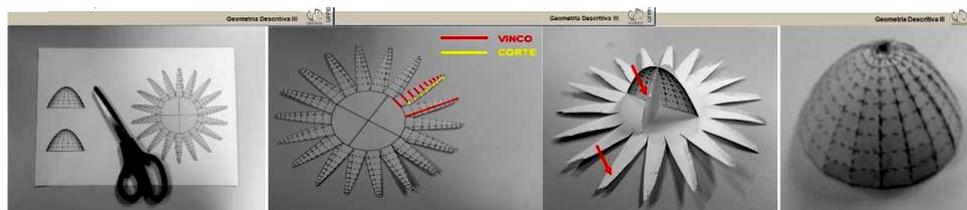
das curvaturas exatas dos modelos em papel, como ilustram as imagens da Figura 14.

Figura 13: Material de Apoio a Representação da Planificação de Superfícies Curvas: o Caso do Parabolóide de Revolução.



Fonte: Pires et al (2014).

Figura 14: Material de apoio ao processo de montagem dos modelos em papel de superfícies curvas.



Fonte: Pires et al (2014)

A proposta de impressão dos modelos gerados foi para o suporte papel, por meio do próprio SketchUp de uso gratuito, utilizando-se sua interface de visualização de impressão, a qual possibilita atribuir parâmetros de escala do modelo impresso. Tanto o corte dos modelos planificados como o processo de montagem, em um primeiro momento, foram executados manualmente. No segundo semestre de 2014 passou a ser executado também com o uso de uma cortadora a laser, a qual faz parte da infraestrutura do laboratório do GEGRADI, adquirida por meio dos recursos do Projeto MORAR.TS/FINEP.

A Figura 15 exemplifica o resultado das atividades de inserção de processos automatizados para a planificação de superfícies curvas e o método de construção de modelos em papel aplicados junto as atividade de representação de obras de arquitetura selecionadas pelos próprios estudantes: No primeiro semestre de 2013, a primeira experiência (à esquerda da Figura); e no segundo semestre do mesmo ano, com a inserção de estratégias para o aperfeiçoamento do processo de montagem dos modelos físicos (à direita da mesma Figura).

Esta materialidade possibilitou aproximar o estudante de arquitetura ao processo de poliedrização de tais superfícies, exigida quer seja para a execução de estruturas físicas que obtenham superfícies propriamente curvas e efetivamente contínuas (cascas de concreto, por exemplo), quer seja para a execução de formas poliédricas aproximadas às superfícies determinadas (POTTMANN et al, 2007 – obtenção de superfícies curvas aproximadas por superfícies poliédricas). A

intensificação da experiência com tal materialidade trouxe para o contexto da disciplina entusiasmo e compreensão de sua utilidade junto à prática profissional.

Figura 15: Trabalhos com Modelos em Papel Desenvolvidos pelos Estudantes na Disciplina de GGD3/FAURB/UFPel, no Ano de 2013.



Fonte: Pires et al (2014).

3.6. A Exploração das Técnicas de Fabricação Digital por Corte a Laser e Impressão 3D

Em um primeiro momento, as técnicas de fabricação digital por corte a laser e impressão 3D foram utilizadas para demonstrar a possibilidade de associá-las às técnicas de desenho paramétrico, como parte dos estudos desenvolvidos em Brod et al, 2012, citados anteriormente. A cortadora a laser foi utilizada para obter uma estrutura representativa de um parabolóide hiperbólico. A impressora 3D, para obter o modelo físico que representa a mesma superfície de maneira contínua, a partir da técnica de deposição de camadas de material plástico. Estes modelos estão ilustrados na Figura 16. Em um segundo momento, a cortadora a laser passou a ser utilizada junto à atividade didática, com o objetivo de automatizar o processo de corte ou vincagem das planificações aproximadas das superfícies estudadas, conforme antes mencionado. A atividade tem adicionado problemas a serem tratados para além daqueles envolvidos no processo manual, como a edição de arquivos para o planejamento dos padrões de velocidade e potência do laser que devem ser associados a cada curva plana, incluindo a problematização do tipo e espessura dos materiais empregados. Desta maneira, esta atividade incrementa o exercício de aproximação com as questões pertinentes à materialidade, em termos tecnológicos, que envolvem atualmente a produção arquitetônica, que é a fabricação digital de elementos construtivos.

Figura 16: Modelos Demonstrativos do Uso de Técnicas de Fabricação Digital: à Esquerda e ao Centro, Modelo da Cobertura do Velódromo de Londres por Impressão 3D; à Direita, Estrutura de um Parabolóide Genérico por Corte a Laser.



Fonte: Brod et al (2012).

Os estudantes tem se apropriado efetivamente do processo, solicitando junto ao GEGRADI, o apoio para o uso da cortadora, inclusive de maneira organizada envolvendo professores responsáveis de disciplinas de projeto. Com isto se estabelece uma cultura de reconhecimento de tais tecnologias no contexto acadêmico tratado.

4. Considerações Finais

Ao longo do relato sobre os tipos de tecnologia de representação que estão sendo explorados, no âmbito das atividades da disciplina aqui tratada, buscou-se elencar aspectos que foram complementando/diferenciando/potencializando as práticas didáticas anteriormente estabelecidas, as quais eram apoiadas essencialmente por tecnologias tradicionais de representação.

A inserção de realidade virtual foi um movimento transformador e de instabilidade, especialmente para a postura docente. O fato dos referenciais trazidos como experiência discente de graduação das autoras não incluírem o uso de tecnologias digitais de representação fez com que não ocorresse a reprodução intuitiva da ação docente. Esta ação foi construída a partir das experiências formativas da pós-graduação, em que a postura investigativa está sempre à frente, promovendo a construção de referenciais docentes nesta mesma direção. Deve-se somar também à característica do momento de construção de conhecimento da própria área de representação em que todo o processo de reconhecimento das tecnologias se dava de maneira colaborativa, em que na maior parte das vezes a destreza com as interfaces das tecnologias digitais era maior pelo corpo discente que docente. Tal dinâmica foi estabelecida como processo natural para o reconhecimento de qualquer outro tipo de tecnologia, garantindo a sua sustentabilidade.

Desta maneira, o foco esteve em uma postura crítica quanto às vantagens e desvantagens de abrir espaço na disciplina para tal processo de reconhecimento. Passados cinco anos de experiência considera-se que as vantagens tem justificado a continuidade na adoção de tal postura. A motivação docente decorre especialmente pela percepção de que tais tecnologias tem facilitado o avanço do estágio figurativo para o operatório. Esta questão, no âmbito da geometria descritiva, embora interpretada de maneira simplista frente aos estudos de Piaget, auxiliou à compreensão das especificidades adicionadas ou subtraídas por cada tipo de tecnologia em comparação com o processo anterior de ensino/aprendizagem. Tem promovido, desde um primeiro momento, apesar do encantamento que ainda as tecnologias digitais trazem por circunstâncias de ineditismo, a construção de critérios para a eleição adequada da técnica empregada a ser associada ao problema a ser resolvido.

Embora o receio de que o investimento pudesse desqualificar o principal objetivo da disciplina, que é o de desenvolvimento da percepção espacial, acabou reafirmando-se o contrário. Considera-se que as atividades didáticas, que foram desenhadas a partir da seleção de problemas específicos associados à exploração de

tecnologias digitais, têm contribuído para intensificar a interação com o objeto para conhecê-lo nos termos de Piaget.

Os resultados, observados junto à produção dos estudantes, têm demonstrado as competências efetivamente adquiridas para transformar os objetos e compreender tais transformações. O trânsito direto, entre modelos digitais tridimensionais e modelos físicos, oportunizado pela fabricação digital, ou ainda a manipulação de modelos por meio da realidade aumentada, intensificam a interação com o objeto, de maneira concreta. As deduções advindas desta interação, associadas à linguagem da geometria descritiva, intensificam a interação com o objeto de conhecimento propriamente dito, avançando na capacidade de operar de maneira abstrata, a partir da imagem mental necessária para a ação criativa, própria da prática projetual de arquitetura.

O processo tem especialmente incrementado o processo formativo do corpo docente, o qual de maneira transparente se apresenta em transformação contínua. E, não somente frente às exigências de atualização tecnológica, mas pelos desafios que as tecnologias têm trazido para a ressignificação da própria disciplina. Os exercícios com as técnicas de desenho paramétrico, como mencionados anteriormente, já anunciados pela geometrografia dinâmica, exigem tal ressignificação. Certamente os estudantes que agora passam por esta formação estarão mais atentos, defenderão uma formação básica em geometria mais adequada, quem sabe havendo algum movimento a mais para a transformação da realidade didática que a área de representação enfrenta.

Agradecimentos

Agradecemos as instituições financiadoras dos projetos citados ao longo deste relato, compreendendo a UFPel, FAPERGS, CAPES, CNPQ, FINEP e Programa ALFA/Comunidade Européia. Agradecemos também aos estudantes da disciplina de Geometria Descritiva IV e de Geometria Gráfica Digital 3, da FAUrb/UFPel, e destacamos aqueles que tiveram seus trabalhos aqui exemplificados, listados a seguir: Amanda Rosa; Ana Carolina Marcon Zago; Ana Caroline Silva; Ana Paula Marques; Arthur Canhada de Albuquerque; Camila Arniesto; Camila Bender da Silva; Camila Garcia; Carolina Ritter; Cássia Laire Kozloski; Gabriela Peronti; Fernanda Santos; Igor de Albuquerque; Jonhara R. Fagundes; Letícia Borges; Manuela Camerini da Rosa; Maria Luiza Rigon Borsa; Michele Fernandes Guidotti; Monica Wilges; Morgana P. Magarinos; Paula Zottis Junges; Renata Peters Ardizzone; Rute Ricken de Medeiros; Vinícius Dias. Aos estudantes bolsistas de iniciação científica, de ensino, extensão, ou como pós-graduandos, seja da especialização, mestrado ou doutorado, os quais contribuíram e seguem contribuindo para a continuidade da experiência: Arquitetos Gustavo Brod, Tássia Vasconcelos, Cristiane Nunes, Sirlene Sopeña e às acadêmicas de arquitetura Gabriela Gonsales Peronti e Valentina Brum.

Referências

BRAVIANO, Gilson; ULBRICHT, Vania; VIEIRA, Milton. O uso do Cabri-Géomètre no Ensino de Desenho Geométrico. In **Anais do XII Simpósio de Geometria Descritiva e Desenho Técnico**, Florianópolis, v.1, p.508-517, 1996, bianual.

BRUM, Valentina; VECCHIA, Luisa Dalla; BORDA, Adriane. O Uso de Técnicas de Desenho Paramétrico Junto à Prática de Projeto no Contexto da FAURB/UFPEL: Estudo de caso. In: **SIEPE 1 Semana Integrada de Ensino, Pesquisa e Extensão - XXIV Congresso de Iniciação Científica UFPel**, Pelotas, v.1. p.14, 2015.

BROD, Gustavo; PIRES, Janice; BORDA, Adriane. An experiment for introducing the concept of generative processes in early stages of architectural education. In **SIGraDi 2012, Proceedings of the 16th Iberoamerican Congress of Digital Graphics**, Fortaleza (Brasil), v. 1, p.xxx, 2012, anual.

BROD, Gustavo. **Desenho Paramétrico em estágios iniciais de formação em arquitetura: questões metodológicas, conceituais e tecnológicas**. 150 f. Dissertação. Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas (Brasil), 2014.

KOLAREVIC, Branco. **Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing**. London: Taylor & Francis, 2003. 320 p.

KOPKE, Regina. Desenho e escola. **Proceedings of I International Graphic Engineering Congress in Arts and Design and XII National Symposium of Descriptive Geometry and Technical Drawing**. Publisher UFSC. Florianópolis (Brasil). p. 83-89.

KREMER, Roberto. **Exercícios de Geometria Descritiva**. Curvas e Superfícies. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária UFPel, 2008.

NUNES, Cristiane; PIRES, Janice; BORDA, Adriane. Aquisição de repertório geométrico a partir de processos de modelagem de obras de Candela e Calatrava. In: **XIX Congresso de Iniciação Científica Ufpel**, Pelotas (Brasil), v. 1, 2010.

PIAGET, Jean. **Epistemologia Genética**. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

PIRES, Janice. **Construção do Vocabulário e Repertório para o Projeto de Arquitetura**. 08/10/2010. 154f. Dissertação. Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas (Brasil), Pelotas, 2010.

PIRES, Janice; NUNES, Cristiane; VASCONSELOS, Tássia; BORDA, Adriane. Trajetórias de Geometria na Arquitetura. In: **IX International Graphic Engineering Congress in Arts and Design and XX National Symposium of Descriptive Geometry and Technical Drawing**. Escola de Belas Artes, Rio de Janeiro, v. 1, 2011.

PIRES, Janice; PERONTI, Gabriela; BORDA, Adriane; OSMARÉ, Mariana. Parameterized flattening and Kirigami: Possible Approximations to the Study and the Representation of Curved Surfaces. In **Proceedings SIGraDi2014 "Design in Freedom"**, Facultad de Arquitectura, Universidad de la República/UDELAR. Montevideo (Uruguay), v. 1, 2014.

PÓLA, Marie Claire; RODRIGUES, Maria Helena. Uma Luz no ensino de sombras. In **Anais do 17 Simpósio de Geometria Descritiva e Desenho Técnico**. Recife: v.1, 2005, p.508-517.

POTTMANN, Helmut; ASPERL, Andreas; HOFER, Michael; KILIAN, Axel. **Architectural Geometry**. Pennsylvania: Bentley Institute Press, Exton, 1ª ed., 724 p, 2007.

RODRIGUES, Alvaro. (1960). **Geometria Descritiva: Projetividades, Curvas e Superfícies**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico Ltda, 1ª ed., 1960.

RODRIGUES, Daniel; RODRIGUES, Maria Helena. Desafiando o pensamento geométrico. In **Anais do 21 Simpósio de Geometria Descritiva e Desenho Técnico**. Florianópolis: v.1, 2013.

SOPEÑA, Sirlene; PIRES, Janice; HEIDRICH, Felipe; BORDA, Adriane. A Realidade Aumentada como Estratégia de Visualização Dinâmica de Seções em Superfícies Curvas. In: **IV Congreso Internacional de Expresión Gráfica e IX Congreso Nacional de Profesores de Expresión Gráfica**. La Plata: Gráfica del Diseño, tradición e innovaciones, v. 1, 2012.

VALDERRAMA, Fernando. **Tutoriales de Informática para Arquitectura**. 2ª Edición. Madrid: Celeste Ediciones SA, 2001.